

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-290229

(43) 公開日 平成10年(1998)10月27日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 4 L 12/28

H 0 4 L 11/00

3 1 0 B

H 0 4 Q 7/38

H 0 4 B 7/26

1 0 9 M

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平9-97066

(22) 出願日 平成9年(1997)4月15日

(71) 出願人 000005496

富士ゼロックス株式会社

東京都港区赤坂二丁目17番22号

(72) 発明者 中村 一太

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクなかい 富士ゼロックス株式会社内

(72) 発明者 太田 猛史

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクなかい 富士ゼロックス株式会社内

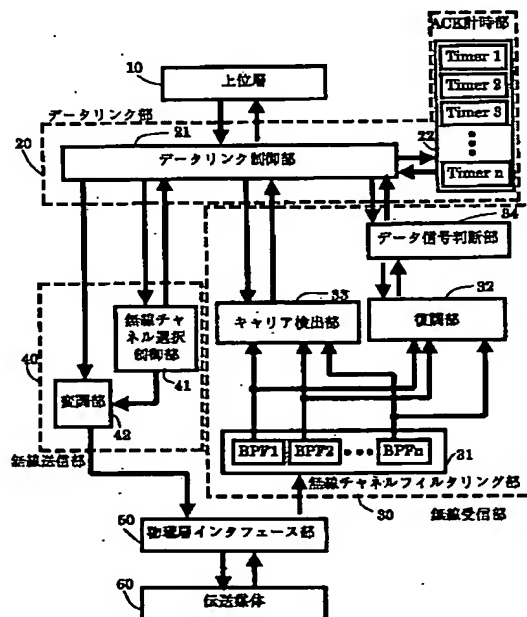
(74) 代理人 弁理士 澤田 俊夫

(54) 【発明の名称】 無線通信ネットワークおよび通信方法

(57) 【要約】

【課題】 無線通信ネットワークにおいて、チャネル利用効率を高めるとともに、伝送遅延時間を改善したデータ通信システムおよび通信方法を提供する。

【解決手段】 CSMA方式によるマルチチャネル通信を実行するものであり、端末は、無線チャネルフィルタリング手段、キャリア検出手段、無線チャネル選択制御手段、データリンク制御手段、ACK計時手段を有し、マルチチャネルを介して端末間での通信を実行する。チャネルのキャリア検出の結果に基づき、チャネルを選択して通信チャネルとして使用する。パケット送信が終了すると、パケット送信端末は、受信端末からのACKメッセージを受領することによって送信の成功を確認する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数局が無線通信媒体を介してデータの送受信を行う無線通信ネットワークにおいて、該ネットワーク中のデータ送信局は、予め設定された通信帯域を分割した複数のチャネルを介してランダムアクセス方式によりデータを送信するデータ送信手段と、

前記複数チャネル中の各チャネルについてのキャリアを検出する送信局キャリア検出手段と、

前記送信局キャリア検出手段によりキャリアの検出されないチャネルの1つを前記データ送信手段によるデータ送信チャネルとして選択するデータ送信チャネル選択手段と、

前記データ送信手段によるデータ送信時からの経過時間を計時する計時手段と、

前記データ送信手段によるデータ送信後、予め設定された時間内に該送信データに関する受信確認信号であるACK信号を受信しない場合、前記送信局キャリア検出手段による各チャネルのキャリア検出、および該キャリア検出に基づく前記データ送信チャネル選択手段によるチャネルの選択を再度実行し、データ送信を再度実行するデータ送信制御手段とを有し、

該ネットワーク中のデータ受信局は、

前記複数チャネル中の各チャネルを分別するフィルタ手段を介してデータを受信するデータ受信手段と、

前記複数チャネル中の各チャネルについてのキャリアを検出する受信局キャリア検出手段と、

前記受信局キャリア検出手段によりキャリアの検出されないチャネルの1つをACK信号送信チャネルとして選択するACK送信チャネル選択手段と、

前記ACK送信チャネル選択手段により選択されたチャネルを介して、ランダムアクセス方式によるACK信号の送信を実行するACK信号送信手段と、

を有することを特徴とする無線通信ネットワーク。

【請求項2】 請求項1に記載の無線通信ネットワークにおいて、

前記ランダムアクセス方式はCSMAプロトコルによる通信方式であることを特徴とする無線通信ネットワーク。

【請求項3】 請求項1または2に記載の無線通信ネットワークにおいて、

前記データ送信局中の送信局キャリア検出手段は、前記複数のチャネル中の各チャネルを分別するフィルタ手段を有し、該フィルタ手段によるチャネル分別の後に各チャネルのキャリアを検出することを特徴とする無線通信ネットワーク。

【請求項4】 請求項1または2または3に記載の無線通信ネットワークにおいて、

前記データ送信チャネル選択手段、およびACK送信チャネル選択手段は、キャリアが抽出されなかったチャ

ルからランダムに一つのチャネルを選択することを特徴とする無線通信ネットワーク。

【請求項5】 請求項1または2または3に記載の無線通信ネットワークにおいて、前記チャネル数は2ないし5であることを特徴とする無線通信ネットワーク。

【請求項6】 請求項1または2または3に記載の無線通信ネットワークにおいて、前記通信帯域は周波数分割方式によって複数のチャネルに分割されていることを特徴とする無線通信ネットワーク。

【請求項7】 請求項1または2または3に記載の無線通信ネットワークにおいて、前記通信帯域は符号分割方式によって複数のチャネルに分割されていることを特徴とする無線通信ネットワーク。

【請求項8】 複数局が無線通信媒体を介してランダムアクセス方式によりデータの送受信を行う無線通信ネットワークにおいて使用される送信装置において、予め設定された通信帯域を分割した複数のチャネルを介してランダムアクセス方式によりデータを送信するデータ送信手段と、

前記複数チャネル中の各チャネルについてのキャリアを検出する送信局キャリア検出手段と、

前記送信局キャリア検出手段によりキャリアの検出されないチャネルの1つを前記データ送信手段によるデータ送信チャネルとして選択するデータ送信チャネル選択手段と、

前記データ送信手段によるデータ送信時からの経過時間を計時する計時手段と、

前記データ送信手段によるデータ送信後、予め設定された時間内に該送信データに関する受信確認信号であるACK信号を受信しない場合、前記送信局キャリア検出手段による各チャネルのキャリア検出、および該キャリア検出に基づく前記データ送信チャネル選択手段によるチャネルの選択を再度実行し、データ送信を再度実行するデータ送信制御手段とを有することを特徴とする送信装置。

【請求項9】 請求項8に記載の送信装置において、前記ランダムアクセス方式はCSMAプロトコルによる通信方式であることを特徴とする送信装置。

【請求項10】 複数局が無線通信媒体を介してランダムアクセス方式によりデータの送受信を行う無線通信ネットワーク中において使用される受信装置において、前記無線通信媒体を構成する予め設定された通信帯域を分割した複数のチャネル中の各チャネルを分別するフィルタ手段を介してデータを受信するデータ受信手段と、前記複数チャネル中の各チャネルについてのキャリアを検出する受信局キャリア検出手段と、

前記受信局キャリア検出手段によりキャリアの検出されないチャネルの1つをACK信号送信チャネルとして選択するACK送信チャネル選択手段と、

前記ACK送信チャネル選択手段により選択されたチャ

ネルを介して、ランダムアクセス方式によるACK信号の送信を実行するACK信号送信手段と、を有することを特徴とする受信装置。

【請求項11】 請求項10に記載の受信装置において、

前記ランダムアクセス方式はCSMAプロトコルによる通信方式であることを特徴とする受信装置。

【請求項12】 送信局と受信局とが予め周波数範囲の決められた通信帯域を分割した複数のチャネルを用いて無線通信する無線通信ネットワークにおける通信方法であって、

前記送信局は、

前記複数のチャネルのキャリアの有無を検出し、

該キャリアの検出されなかったチャネルの1つをデータ送信チャネルとして選択し、

選択されたチャネルを介してランダムアクセス方式によりデータを送信し、

計時手段によって前記データの送信からの経過時間の計時を開始し、

前記受信局は、

前記複数のチャネルのキャリアを抽出し、

抽出されたキャリアが、当該受信局に対して送信されたデータである場合に該データを受信し、

データ受信後、前記複数のチャネルのキャリアを検出し、

キャリアの検出されないチャネルを求め、

該キャリアの検出されないチャネルの1つをACK送信チャネルとして選択し、

選択されたチャネルを介してランダムアクセス方式によりACK信号を送信し、

前記送信局は、

前記計時手段による計時を開始してから予め設定された時間を経過しても、前記受信局の送信するACK信号を受信しない場合に、再度前記複数のチャネルのキャリア検出およびチャネル選択を実行し、前記データ信号の再送信を試みることを特徴とする無線通信ネットワークにおける通信方法。

【請求項13】 請求項12に記載の通信方法において、

前記ランダムアクセス方式はCSMAプロトコルによる通信方式であることを特徴とする無線通信ネットワークにおける通信方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、無線通信ネットワークおよび無線通信ネットワークにおける通信方法に関し、特に、ネットワーク上の複数の端末が同時にデータ通信を実行する環境において、通信効率を高め、データの伝送遅延時間を改善した無線通信ネットワークおよび無線通信ネットワークにおける通信方法に関する。

【0002】

【従来の技術】パーソナルコンピュータ利用者の増加や映像や音声などのリアルタイムアプリケーションの普及により、通信ネットワークの高速化が求められている。こうした要求に応えるべく、有線を伝送媒体としたネットワークでは、データリンク層において高速広帯域伝送が可能な伝送方式が提案され実現されつつある。また、物理層に関しては、光ファイバー技術の進歩により十分な帯域を提供することが可能となってきた。

【0003】しかしながら、無線を伝送媒体としたネットワーク（以下無線ネットワークと呼ぶ）ではデータリンク層における高速広帯域の伝送技術はまだ確立されていない。さらに、周波数資源の有限性から、高速広帯域化の研究が進んでいる一方で、いかに有効に限られた周波数資源を使うかが問題になっている。そこで物理的な限界をカバーする方法として、データリンクレベルのアクセス方式に工夫をすることが考えられている。

【0004】通信ネットワークのアクセス方式には、時分割多重や周波数分割多重のような制御局が端末に送受信のための時間や周波数を固定的に割り当てる固定割り当て方式と、各端末が自律的に送受信する分散制御方式のランダムアクセス方式がある。ところで、文献「N.

Abramson, "The ALOHA System - Another alternative for computer communications," Proc. of Fall Joint Comput. Conf., pp. 177-186, May 1975」によると、時分割多重や周波数分割多重では、最大端末数を考慮して時間や周波数を分割しており、実際に使われていないタイムスロットや周波数が増えて無駄となる。また分割が固定的なので、バースト・トラフィックへの対応が困難である。そうした問題を解決するために制御局の機能を強化しようとする、ますます制御局は複雑なものになり、コストや信頼性に問題がある。

【0005】一方、ランダムアクセス方式を使用した場合には、上記の様な問題は発生しない。但し、他の端末と伝送媒体の取り合いになるので、アクセス方式で制御することとなる。基本的なアクセス制御方式として、ALOHA方式、Slotted ALOHA方式、CSMA (Carrier Sense Multiple Access) 方式、CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) 方式などがある。ALOHA方式は、送信要求が発生すると、すぐに送信を開始する方式である。負荷が高くなると衝突の回数が急増し、平均チャネル利用効率は最大でも18%程度で、高負荷のところで低下が激しい。ここで、平均チャネル利用効率とは、伝送容量に対する1秒当たりの平均送信成功パケットサイズの比である。

50 【0006】Slotted ALOHA方式は時間軸

をパケット長と同じ長さのスロットに分割し、送信要求が発生してもすぐには送信せず、スロットの開始時点でのみ送信を開始できる。この方式の平均チャネル利用率の最大値はALOHA方式の2倍に達するが、やはり高負荷のところで低下が激しい。

【0007】CSMA方式の基本的な動作を図16および図17によって説明する。図16は、端末とネットワークの概念図を示すものである。端末A、端末B、端末C、端末D、および端末Eは伝送媒体を介して通信を実行する通信能力を持つ端末である。端末Aから端末Eにデータを伝送している様子を合わせて示している。この方式では、各端末は、パケットの送信要求があると、パケット送信前に伝送媒体のキャリアの有無を調べ、キャリアが出ていなければ、パケットを送信する。キャリアを検出した場合は一定時間待った後、再びキャリアの有無を調べ、キャリアが出ていないことを確認した後にパケット送信をする。

【0008】図17は、チャネルの利用状況を示すタイムチャートで、端末Aから端末Eにパケットを送信し、その後端末Dから端末Bにパケットを送信していることを示している。この方式は上記2方式に比べて、チャネル利用率が全般的に高いが、やはり高負荷時にチャネル利用率が低下する。CSMA/CD方式はCSMA方式に衝突検出(Collision Detection)機能を付加したもので、送信中にパケットの衝突が分かる。このCSMA/CD方式のチャネル利用率が上述の他の方式に比較して最も優れており、高負荷時にもチャネル利用率が低下しない。

【0009】最もチャネル利用率特性のよいCSMA/CD方式の特性を、さらに向上させる手段として、単一のチャネルではなく、チャネルを分割して複数のチャネルにすることが、文献「野村、岡田、中西、"バス型ローカルエリアネットワークにおける多重チャネル形CSMA/CD方式、"電子情報通信学会誌、vol. J67-D, no. 9, pp. 949-959, September, 1984」で提案されている。これによると、図18のようにチャネルを4つに分割し、各端末A、B、C、D、Eは各チャネルでデータの送受信を可能としてある。図19はある時点における端末Aと端末E、端末Bと端末Dの通信の様子を示すもので、端末Aと端末EはCH2、端末Bと端末Dは、CH3を使用して通信を行い得る。このように異なるチャネルを各端末間通信において使用することによって同時に異なる2つ以上の通信が可能となる。

【0010】図20は、負荷に対する平均チャネル利用率、図21は、負荷に対する平均伝送遅延時間の挙動を示す。負荷とは、伝送容量に対する1秒あたりの送信パケットサイズの比である。つまり、負荷100%の場合、1秒あたり1Mビットのパケットが送信されるとすれば200%では2Mビットのパケット送信があること

を意味する。但し、パケットの送信は必ずしも成功するとは限らないので、この負荷は送信不成功パケットも含んでいる。

【0011】平均チャネル利用率とは、伝送容量に対する1秒あたりの平均送信成功パケットサイズの比の平均である。つまり、1秒あたり1Mビットのパケット送信を100%の効率とすると、利用率50%の場合、1秒当たり平均して500kビットの送信成功パケットがあることを意味する。

10 【0012】図20により、単一チャネルCSMA/CD方式より、4チャネルCSMA/CD方式の方が、チャネル利用率が向上することが示され、また、図21によって、単一チャネルCSMA/CD方式よりも4チャネルCSMA/CD方式が伝送遅延時間が減少することが示されている。これらは、CSMA/CD方式におけるマルチチャネルの優位性を証明するものである。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】上述のようにCSMA/CD方式におけるマルチチャネル化はデータ通信において優れた特性を有する。しかしながら、無線ネットワークにおいては、伝送データパケットの衝突検知が困難なため、有線方式において有効なCSMA/CD方式を無線方式にそのまま適用することはできない。従って、無線ネットワークにおいてマルチチャネル化を行ったとしても、衝突検出(Collision Detection)機能の特長を活かした伝送効率の改善を図ることは困難であった。

【0014】本発明は、CSMA/CD方式の使用が困難な無線通信方式において、データ伝送効率を高めるデータ通信システムおよび通信方法を提供することを目的とする。

【0015】本発明は、また、特にマルチチャネルによる通信方式において、チャネル利用率を高めるとともに、伝送遅延時間を改善したデータ通信システムおよび通信方法を提供すること目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、この発明における無線通信ネットワークは、複数局が無線通信媒体を介してランダムアクセス方式によりデータの送受信を行う無線通信ネットワークにおいて、送信局は、予め設定された通信帯域を分割した複数のチャネルを介してランダムアクセス方式によりデータを送信するデータ送信手段と、複数チャネル中の各チャネルについてのキャリアを検出する送信局キャリア検出手段と、送信局キャリア検出手段によりキャリアの検出されないチャネルの1つをデータ送信手段によるデータ送信チャネルとして選択するデータ送信チャネル選択手段と、データ送信手段によるデータ送信時からの経過時間を計時する計時手段と、データ送信手段によるデータ送信後、予め設定された時間内に該送信データに関する受

信確認信号であるACK信号を受信しない場合、送信局キャリア検出手段による各チャネルのキャリア検出、および該キャリア検出に基づくデータ送信チャネル選択手段によるチャネルの選択を再度実行し、データ送信を再度実行するデータ送信制御手段とを有し、該ネットワーク中のデータ受信局は、複数チャネル中の各チャネルを分別するフィルタ手段を介してデータを受信するデータ受信部と、複数チャネル中の各チャネルについてのキャリアを検出する受信局キャリア検出手段と、受信局キャリア検出手段によりキャリアの検出されないチャネルの1つをACK信号送信チャネルとして選択するACK送信チャネル選択手段と、ACK送信チャネル選択手段により選択されたチャネルを介して、ランダムアクセス方式によるACK信号の送信を実行するACK信号送信手段と、を有することを特徴とする。

【0017】また、本発明の無接通信ネットワークにおけるランダムアクセス方式はCSMAプロトコルによる通信方式であることを特徴とする。

【0018】また、本発明の無接通信ネットワークにおけるデータ送信局中の送信局キャリア検出手段は、複数のチャネル中の各チャネルを分別するフィルタ手段を有し、該フィルタ手段によるチャネル分別により、各チャネルのキャリアを検出することを特徴とする。

【0019】また、本発明の無接通信ネットワークにおけるデータ送信チャネル選択手段、およびACK送信チャネル選択手段は、キャリアが抽出されなかったチャネルからランダムに一つのチャネルを選択することを特徴とする。

【0020】また、本発明の無接通信ネットワークにおけるチャネル数は2ないし5であることを特徴とする。

【0021】また、本発明の無接通信ネットワークにおける通信帯域は周波数分割方式によって複数のチャネルに分割されていることを特徴とする。

【0022】また、本発明の無接通信ネットワークにおける通信帯域は符号分割方式によって複数のチャネルに分割されていることを特徴とする。

【0023】また、本発明の送信装置は、予め設定された通信帯域を分割した複数のチャネルを介してランダムアクセス方式によりデータを送信するデータ送信手段と、複数チャネル中の各チャネルについてのキャリアを検出する送信局キャリア検出手段と、送信局キャリア検出手段によりキャリアの検出されないチャネルの1つをデータ送信手段によるデータ送信チャネルとして選択するデータ送信チャネル選択手段と、データ送信手段によるデータ送信時からの経過時間を計時する計時手段と、データ送信手段によるデータ送信後、予め設定された時間内に該送信データに関する受信確認信号であるACK信号を受信しない場合、送信局キャリア検出手段による各チャネルのキャリア検出、および該キャリア検出に基づくデータ送信チャネル選択手段によるチャネルの選択

を再度実行し、データ送信を再度実行するデータ送信制御手段とを有することを特徴とする。

【0024】また、本発明の送信装置において、ランダムアクセス方式はCSMAプロトコルによる通信方式であることを特徴とする。

【0025】また、本発明の受信装置は、無線通信媒体を構成する予め設定された通信帯域を分割した複数のチャネル中の各チャネルを分別するフィルタ手段を介してデータを受信するデータ受信部と、複数チャネル中の各チャネルについてのキャリアを検出する受信局キャリア検出手段と、受信局キャリア検出手段によりキャリアの検出されないチャネルの1つをACK信号送信チャネルとして選択するACK送信チャネル選択手段と、ACK送信チャネル選択手段により選択されたチャネルを介して、ランダムアクセス方式によるACK信号の送信を実行するACK信号送信手段と、を有することを特徴とする。

【0026】また、本発明の受信装置において、ランダムアクセス方式はCSMAプロトコルによる通信方式であることを特徴とする。

【0027】また、本発明の通信方法は、送信局と受信局とが予め周波数範囲の決められた通信帯域を分割した複数のチャネルを用いて無線通信する無線通信ネットワークにおける通信方法であって、送信局は、複数チャネルのキャリアの有無を検出し、該キャリアの検出されなかったチャネルの1つをデータ送信チャネルとして選択し、選択されたチャネルを介してランダムアクセス方式によりデータを送信し、計時手段によってデータの送信からの経過時間の計時を開始し、受信局は、複数のチャネルのキャリアを抽出し、抽出されたキャリアが、当該受信局に対して送信されたデータである場合に該データを受信し、データ受信後、複数のチャネルのキャリアを検出し、キャリアの検出されないチャネルを求め、該キャリアの検出されないチャネルの1つをACK送信チャネルとして選択し、選択されたチャネルを介してランダムアクセス方式によりACK信号を送信し、送信局は、計時手段による計時を開始してから予め設定された時間を経過しても、受信局の送信するACK信号を受信しない場合に、再度複数のチャネルのキャリア検出およびチャネル選択を実行し、データ信号の再送信を試みること

を特徴とする。

【0028】また、本発明の通信方法において、ランダムアクセス方式はCSMAプロトコルによる通信方式であることを特徴とする。

【0029】

【発明の実施の形態】本発明の無線通信ネットワークはランダムアクセス方式による通信においてマルチチャネルを実現したものであり、無線通信媒体によって接続された複数の端末によるデータ通信を実行する。本発明に使用される端末は、無線チャネルフィルタリング手段、

キャリア検出手段、無線チャネル選択制御手段、データリンク制御手段、ACK計時手段を有し、周波数分割あるいは、符号分割によってマルチチャネル化された無線通信媒体を介して端末間での通信を実行する。端末によるチャネルの選択は、まず、チャネルのキャリア検出を実行し、キャリアの検出されなかった空きチャネル中からランダムに1つのチャネルを選択して通信チャネルとして使用する。選択された通信チャネルによるパケット送信が終了すると、パケット送信端末は、パケット受信端末からのACK（確認応答）メッセージを受領することによって送信の成功を確認する。

#### 【0030】

【実施例】本発明の実施例を以下、図を用いて説明する。図1に本発明の実施例における複数の端末と無線通信ネットワークのシステム概念図を示す。端末A、端末B、端末C、端末D、および端末Eは無線通信媒体を介しての通信能力を有する端末である。本実施例では、その伝送媒体が周波数分割または、符号分割等の方式により3つのチャネルに分割され（それぞれCH1、CH2、CH3とする）、各端末A-Eはこれら複数チャネルの各チャネルを使用してデータ送受信が可能な構成となっている。

【0031】端末の概略構成を、図1における端末Aについて示す。他の端末B-Eも端末Aと同様の構成を有する。端末Aについて示すように、端末は、ACK計時手段1、データリンク制御手段2、無線チャネル制御手段3、キャリア検出手段4、および無線チャネルフィルタリング手段5を有し、端末は伝送媒体6を介して他端末とのデータ通信を行う。ACK計時手段1は、端末から他の端末へデータパケットを送信した後、パケット送信に関する成功メッセージを含むACKパケットをデータ受信端末から受信するまでの時間を計る機能を持つ手段である。データリンク制御手段2は、無線チャネル選択制御手段3によって選択されたチャネルを使ってパケットを送信する手段である。無線チャネル選択制御手段3は、キャリア検出手段4によってキャリアが検出されなかったチャネルから通信に使用する1つのチャネルを選択する手段である。キャリア検出手段4は、無線チャネルフィルタリング手段5から得た信号をもとに無線通信網上のチャネルのキャリアを検出する機能を持つ手段である。無線チャネルフィルタリング手段5は、複数のチャネルについて、チャネルごとの受信信号を抽出する機能を持つ手段である。

【0032】図1における伝送媒体は無線通信媒体であり、この実施例では、3つのチャネルに分割されている。チャネル分割は、例えば図2に示す周波数分割、あるいは図3に示すスペクトル拡散を用いた符号分割によって達成される。図2および図3において、横軸fは周波数を示す。周波数分割の場合、チャネル（CH1、CH2、CH3）ごとに異なる周波数を割り当て、符号分

割の場合、スペクトル拡散を用いた符号をチャネルごとに割り当てることにより各チャネルの識別を可能としている。

【0033】図1に示す端末Aが端末Eと無線通信媒体中のチャネルCH1を使ってデータ通信を行っている間に、端末Dが端末Bに対して同じ無線通信媒体中のチャネルCH3を使ってデータ送信を行おうとする場合の様子を時系列的に図4、図5、図6に示す。

【0034】図4、図5、および図6の各図は各チャネルごとの利用状況の変化を逐次示す図である。無線通信媒体中、周波数分割等で分割された3つのチャネルCH1、CH2、およびCH3の各々について、時間軸tに關してのデータ転送状況を示している。まず、図4では、チャネルCH1を使用して端末Aから端末Eにデータ送信が実行されており、このデータ送信の実行中に端末Dがデータ送信のために全チャネル（CH1、CH2、CH3）のキャリアをセンスし、チャネルの空き状態を検知している状態を示している。

【0035】図5は、端末Dが各チャネルのキャリアセンスによって、キャリアの有無を検出し、複数チャネルから1つのチャネルを通信チャネルとして選択した状態を示している。ここでは、チャネルCH1以外の2つの空きチャネルCH2、CH3を検出し、これらCH2およびCH3の空きチャネル中から、チャネルCH3を端末Dの使用チャネルとして決定している。

【0036】図6は、端末Dが通信チャネルとして決定したチャネルCH3を使って、端末Bに対するデータ送信を実行している状態を示す。端末Dから端末Bへのデータ送信は、端末Aから端末Eに対するデータ送信と同時に並列的に行うことができる。なお、図4、図5、図6いずれの状態においても、端末によるチャネルのキャリアセンスはデータ送信を妨げるものではない。

【0037】図7は本発明の実施例における端末装置のブロック図である。以下で説明する実施例では周波数分割により通信チャネルが複数に分割された無線通信媒体による通信において適用される通信端末の例を示す。

【0038】図7で示すように、端末装置は、大きく分けて上位層10、データリンク部20、無線受信部30、無線送信部40、物理インタフェース部50により構成され、伝送媒体60により他端末とのデータ通信を行う。

【0039】上位層10はOSI第3層（ネットワーク層）に相当するソフトウェアモジュールである。他の端末に対して送付すべきデータがあるときは、データリンク制御部21に送信を要求する。データリンク部20は、データリンク制御部21、ACK計時部22から構成される。データリンク制御部21は、上位層10からの要求に応じてデータパケットの送信制御をする機能と他の端末から受信したデータパケットにかかわる処理をする機能を持つモジュールで、LSIによって実現でき

る。ここでデータパケットとは、上位層10から送られてきたデータをパケット化したものである。ACK計時部22は、チャネル数nに対応する数であるn個のタイマーを持ち、複数のチャネルについて同時に計測することが可能である。

【0040】データパケット送信時における、このデータリンク部20の機能のフローを図8を使って説明する。パケット送信に際して、まずキャリア検出部33に対してキャリアセンスを行うよう命令を送り（ステップ802）、各チャネルのキャリアの有無を確認（ステップ803）する。キャリアの出していないチャネルがあれば、無線チャネル選択制御部41から選択された1つのチャネルが通知（ステップ806）される。全てのチャネルでキャリアが検出された場合、バックオフ時間を計算（ステップ804）し、その時間だけ待機（ステップ805）した後、再び各チャネルをセンス（ステップ802）する。バックオフの時間は、例えば以下に示すCSMA/CD方式で使われているTruncated Binary Exponential Backoffが使用される。

【0041】

【数1】これは、バックオフ時間Tを

$$T = t \cdot n$$

$0 \leq n < 2k$  ( $k = \min(m, 10)$ )  $m$ : 衝突回数

とするものである。tは定数で512ビットのパケット送信時間である。

【0042】また、上記の方法と異なるバックオフ時間の設定方法として、予め定められた正の整数、例えば512を最大値として1から512までの値の中からランダムに1つの数字を選び、その数字と最大伝播遅延時間を乗じたものをバックオフ時間とする方法も有効である。

【0043】無線チャネル選択制御部41から選択された送信チャネルの通知を受けた後、その通知されたチャネルを使用してパケットの送信を開始（ステップ807）し、送信が終了（ステップ808）すると、パケット送信チャネルに対応したその計時部22で計時を開始するための命令を出し、計時が開始された状態で送信したパケットに対するACKパケットを待つ（ステップ809）。予め設定された許容ACK待ち時間であるT<sub>ACK</sub>秒までにACKパケットを受信すればACK計時部22に計時中止命令を出し、送信終了（ステップ810、812）となる。しかし、予め設定された待ち時間であるT<sub>ACK</sub>秒経過してもACKパケットを受信しなかったときは、ACK計時部22からタイムアウト通知が出力され、送信の失敗とみなされ、パケットの再送（ステップ811からステップ802）が行われる。

【0044】

【数2】T<sub>ACK</sub>はあらかじめ決められた値であり、例え

ば、

$T_{ACK} = \text{最大往復伝搬遅延時間} + \text{平均パケット処理時間}$ に設定される。

【0045】次にデータパケット受信時のデータリンク制御部21の機能の実施例を図9を使って説明する。他の端末からデータパケットを受信待ち（ステップ902）し、データ信号判断部によって自端末宛のパケットと判定されたパケットの受信を開始し、データパケットの受信が完了（ステップ902からステップ903）すると、データパケットを送信してきた端末にACKパケットを送信するためにキャリア検出部33に対してキャリアセンスを行うよう命令を送り、各チャネルのキャリアの有無を確認（ステップ903、ステップ904）する。キャリア検出部33からキャリアの出していないチャネルがあることを通知されると（ステップ904からステップ907）、無線チャネル選択制御部41にキャリアの出していないチャネルが通知される。その後、通知されたキャリアの無いチャネル中から無線チャネル選択制御部41によって選択された1つのチャネルが通知（ステップ907）される。全てのチャネルでキャリアが検出された（ステップ904からステップ905）場合、バックオフ時間を計算（ステップ905）し、そのバックオフ時間だけ待機（ステップ906）した後、再び各チャネルをセンス（ステップ906からステップ903）する。

【0046】無線チャネル選択制御部41から、選択された送信チャネルの通知を受けた後、そのチャネルを使用してACKパケットの送信を実行する。ACK計時部22は、自端末がパケットを送ってから送信相手からのACKパケットを受信するまでの時間を計る機能を持つモジュールで、クロック回路を含んだICで実現できる。データリンク制御部21よりあるチャネルについてのACK計時開始通知を受けると、そのチャネルに関しての計時を開始する。T<sub>ACK</sub>秒経過すると、計時を中止し、データリンク制御部21にタイムアウト通知を行う。T<sub>ACK</sub>秒経過前にデータリンク制御部21から計時中止命令の通知があった場合は、その命令の通知時点で計時を中止する。また、複数のチャネルを同時に利用可能なので、チャネル数がn（nは2以上の整数）の場合、チャネル毎に合計n個の計時時計（Timer 1、Timer 2、Timer 3、…、Timer n）を有する。

【0047】データリンク部20におけるACK計時部は、上述の実施例のようにチャネル数nに対応するn個の計時時計を持ち、それぞれの計時時計が対応する1つのチャネルの計時を行う構成でもよいが、複数チャネルに共通の計時部を構成し、データリンク制御部21にパケットの送信時刻とACKパケットを待つ時間を管理するテーブルを保持することにより、複数チャネルの計時を共通の計時部によって行うように構成してもよい。



【0048】無線受信部30は、無線チャネルフィルタリング部31、復調部32、キャリア検出部33、データ信号判断部34から構成される。無線チャネルフィルタリング部31は、物理インタフェース50から受信した信号をチャネルごとにフィルタリングする機能を持ち、例えばバンドパスフィルタによって実現できる。複数チャネルを扱うため、チャネル数が $n$  ( $n$ は2以上の整数)の場合、チャネル毎に1つのバンドパスフィルタを割り当て、合計 $n$ 個のバンドパスフィルタ(BPF 1、BPF 2、BPF 3、…、BPF  $n$ )によつて無線チャネルフィルタリング部31が構成される。なお、複数のバンドパスフィルタを持たず、スキャン方式によってチャネル分別を行うように無線チャネルフィルタリング部を構成してもよい。復調部32は無線チャネルフィルタリング部31でフィルタリングされたキャリアをベースバンド信号にまで復調する機能を持ち、ICで実現できる。

【0049】キャリア検出部33はデータパケットやACKパケットの送信前に各チャネルのキャリアを検出する機能を持つモジュールで、検出されたチャネルをデータリンク制御部21に通知する。ワンチップ化されたICモジュールなどで実現できる。データ信号判断部34は、復調部32から得た信号をもとに、受信した信号が自端末宛かどうかをMACアドレス等の端末固有のアドレスを見て判断するモジュールで、LSIなどで実現できる。

【0050】無線送信部40は、無線チャネル選択制御部41、変調部42から構成される。無線チャネル選択制御部41はキャリア検出部33での検出結果をもとにどのチャネルで送信するかを決定し、ワンチップ化されたICモジュールなどで実現できる。チャネルは、キャリアが検出されなかったチャネルの中からランダムに一つを選ぶ。

【0051】変調部42は、ベースバンド信号を無線チャネル選択制御部41で決められたチャネルに応じた送信周波数にまで変調して物理層インタフェース部50に送る機能を持ち、LSIなどで実現できる。変調部42は、チャネルごとに、チャネルに応じた周波数に変換する変調器を設ける構成でもよい。例えば、5チャネルであれば、5個の変調器を設け、選択されたチャネルに応じた利用する変調器が決定される。

【0052】物理層インタフェース部50は伝送媒体60と端末装置のインタフェース部分であり、無線であれば、アンテナとRF回路モジュールである。伝送媒体60は、無線伝送媒体である。

【0053】以上の実施例においては、周波数分割によってマルチチャネル化した場合の例を説明したが、前述のように無線チャネルフィルタリング部31を拡散符号を用いた一次復調回路にし、変調部42をベースバンド信号を搬送波周波数で変調する一次変調回路と、拡散符

号を用いた二次変調回路の合成回路にすることにより、符号分割を用いたマルチチャネルを実現することができる。すなわち、端末中のチャネルフィルタリング手段および変調部は、通信において適用されるマルチチャネル方式に対応した構成をもつことが要請される。

【0054】周波数分割の方がチャネルを多く確保できるが、無線伝送路の誤り率が大い場合、スペクトル拡散を用いる符号分割の方が雑音に強く、周波数分割よりも優れている。よって、無線伝送路の誤り率が小さい所では、周波数分割、大きいところでは符号分割が有効である。

【0055】次に本発明のCSMA方式を用いたマルチチャネル通信方式の性能を示すシミュレーション結果を図10、図11、図12、図13を用いて示す。

【0056】

【表1】シミュレーションの条件は、以下の通りである。

局数： 10局

チャネル分割時のチャネル数： 2、3、4、5、6

セルサイズ： 6000m

最大伝搬遅延時間： 20.0μsec

パケット長： 512bit

伝送容量： 1Mbps

【0057】図10は、伝送媒体60への負荷に対する平均チャネル利用効率の挙動を示したものである。2、3、5チャネルの場合の本方式の結果と、従来方式との比較のため、1チャネルCSMA方式、CSMA/CD方式を同じ条件でシミュレーションした結果も合わせて示す。

【0058】ここで、負荷とは、伝送容量に対する1秒あたりの送信パケットサイズの比である。つまり、上記のシミュレーション条件で負荷100%の場合、1秒あたり1Mビットのパケットが送信されることを意味する。但し、データパケットの送信は必ずしも成功するとは限らないので、この負荷は送信不成功パケットも含んだ値である。

【0059】ここで、平均チャネル利用効率とは、伝送容量に対する1秒あたりの平均送信成功パケットサイズの比の平均である。つまり、上記のシミュレーション条件でチャネル利用効率50%の場合、1秒当たり平均して500kビットの送信成功パケットがあることを意味する。

【0060】この図から、従来の1チャネルCSMA方式に比較して、本発明のマルチチャネル方式とした2チャネルから5チャネルの方式が平均チャネル利用効率が高く、特に高負荷時には、従来の1チャネルCSMA方式の倍になることが明らかである。また、チャネルの分割数が多いほど高負荷で利用効率が落ちにくくなり、負荷の上昇とともに急激に利用効率が落ちる従来の1チャネルCSMA方式に比較し、格段に性能が良くなってい



る。

【0061】図11は、伝送媒体60への負荷に対するパケットの平均伝送遅延時間の挙動を示したものである。ここで、負荷とは、図10で説明したものと同一である。ここで、データパケットの平均伝送遅延時間とは、データパケットの送信要求が発生した時点から実際に送信成功する時の送信開始時点までを計測したものである。この図11から、本発明のマルチチャネル方式が平均伝送遅延時間が小さく、特に高負荷時において、より有利になることが分かる。また、チャネル数が多いほど遅延時間が小さい。

【0062】図12は、縦軸を平均チャネル利用率の改善率、横軸をチャネル数としたグラフと、縦軸を平均伝送遅延時間の改善率、横軸をチャネル数としたグラフを負荷を変化(75%、175%、275%)させて作成して示したものである。改善率は、従来の1チャネルCSMA方式からの改善率である。この図12より、負荷75%の場合には、チャネル数が6であるとチャネル利用率、平均伝送遅延時間ともに加えて性能が悪くなることが分かる。さらに負荷を高くして175%の場合には、2チャネルから5チャネルまでは改善率が漸増するが、6チャネルまで増やすと改善率の低下を招くことが分かる。さらに負荷を高くして275%の場合には、ようやく6チャネルの改善率が5チャネルの改善率をわずかに上回るぐらいになっている。以上のことから、最適チャネル数の範囲は、2から5までのチャネル数の範囲であり、6以上にしても性能の向上を望めないことが分かる。これはチャネル数を増やしていくと、チャネル当たりの伝送容量が少なくなり、送信に時間がかかるためである。また、チャネル数の増加はコスト増を招くこととなり、大幅なコストの増加をせずに十分な本発明の効果が期待できるチャネル数は2から5である。

【0063】図13は、チャネルの平均利用率に対するパケットの平均伝送遅延時間の挙動を示したものである。チャネルの平均利用率は、再送や送信失敗のパケット量も含めて全てカウントするデータリンク層から見たスループットではなく、アプリケーション層から見たスループットに相当する。このため、この値はアプリケーションの動作に直接影響を与えるものである。例えば、遅延要求の厳しいリアルタイムのアプリケーションであれば、スループットが増加しても遅延が増加しない方がよい。また、高負荷になると(データリンク層から見たスループットの増大)、伝送遅延時間は増加しつつもスループットは低下するため、同じスループットの値に2つの値の伝送遅延時間が対応することが生じる。このため、スループットをネットワークの挙動の観察のパラメータとしているアプリケーションでは、スループットの値から期待する以上に伝送遅延時間が大きくなり、アプリケーションの制御に支障を来す。こうした影響の観点から図13を見ると、本発明の多チャネル方式の

方が、CSMA方式よりもリアルタイムアプリケーションに適しているといえる。

【0064】また、CSMA方式と同じく無線通信に適用可能なALOHA方式をマルチチャネル化(3チャネル)して、平均チャネル利用率と平均伝送遅延時間を、マルチチャネルCSMA方式のシミュレーションと同様のパラメータを用いたシミュレーションにより測定した結果を図14と図15に示す。これらの図からわかるようにALOHA方式では、マルチチャネルとしてもチャネル利用率や伝送遅延時間はあまり向上せず、CSMA方式にマルチチャネルを適用したほうが効果的であることが分かる。これは、CSMA方式では、キャリアのないチャネルから1つのチャネルを選ぶのに対し、ALOHA方式ではキャリアのあるチャネルを含めてその中から選ぶため、CSMA方式よりも衝突する確率が高くなるからである。

【0065】上述した実施例中のシミュレーションにおいて、パケットサイズを変えたと想定した場合、平均チャネル利用率や平均伝送遅延時間の値はパケットサイズの変化に応じた変化をすることが予測されるが、送信機会に注目するとパケットサイズが変化した場合、送信できるタイミングは、全局で相対的に同じ変化をするため、チャネル数の変化に対する相対的な関係は変化せず、上述した図12で示すチャネル数の変化に伴う改善率の変化の傾向は変わらないものと予測される。従って、チャネル数は伝送パケットサイズにかかわらず2から5の範囲が最適値となる。

【0066】また、上記シミュレーションにおいて局数を変化させたと想定した場合、すべての局から発生するトラフィックの総量が同じであるとする、局あたりのトラフィック量が変化することになり、平均チャネル利用率や平均伝送遅延時間の値は変化すること予測されるが、全局で同様なトラフィック量変化が発生するため、相対的な関係はやはり変化せず、図12で示すチャネル数の変化に伴う改善率の変化の傾向に大きなずれは生じないものと予測される。従って局数に変化があっても、最適チャネル数は2から5の範囲となる。

【0067】

【発明の効果】本発明の通信方式によれば、従来の単一チャネルのCSMA方式に比較し、チャネル利用率が向上するため、電波資源の有効利用が可能となる。また、伝送遅延も高負荷になるまで低く抑えることができるため、リアルタイムアプリケーションの動作にも悪影響を与えにくいという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施例における端末と無線通信ネットワークの概念図である。

【図2】 本発明の実施例における周波数分割によるチャネル分割の概念図である。

【図3】 本発明の実施例における符号分割によるチャ

17

ネル分割の概念図である。

【図4】 本発明の実施例におけるデータ送信開始前の端末によるキャリア検知状態を示す図である。

【図5】 本発明の実施例におけるデータ送信開始前の端末による通信チャネル決定の状態を示す図である。

【図6】 本発明の実施例におけるデータ送信の状態を示す図である。

【図7】 本発明の実施例における端末装置の構成を示すブロック図である。

【図8】 本発明の実施例における端末装置のデータ送信時の伝送制御部の動作を示すフローチャートである。

【図9】 本発明の実施例における端末装置のACKパケット送信時の伝送制御部の動作を示すフローチャートである。

【図10】 本発明のマルチチャネル方式を用いた場合の平均チャネル利用効率のシミュレーション結果の比較を示す図である。

【図11】 本発明のマルチチャネル方式を用いた場合の平均伝送遅延時間のシミュレーション結果を示す図である。

【図12】 本発明のマルチチャネル方式を用いた場合の、平均チャネル利用効率および平均伝送遅延時間の改善効率のシミュレーション結果を示す図である。

【図13】 本発明の方式を用いた場合の平均チャネル利用効率と平均伝送遅延時間の関係を示す図である。

【図14】 ALOHA方式をマルチチャネルにした場合の平均チャネル利用効率のシミュレーション結果を示す図である。

【図15】 ALOHA方式をマルチチャネルにした場合の平均伝送遅延時間のシミュレーション結果を示す図である。

【図16】 1チャネルCSMA方式における端末とネットワークの概念図である。

18

【図17】 1チャネルCSMA方式における送信タイムチャートである。

【図18】 マルチチャネルCSMA/CD方式における端末とチャネルの概念図である。

【図19】 マルチチャネルCSMA/CD方式におけるデータ送信時の各チャネルの状態を示す図である。

【図20】 CSMA/CD方式をマルチチャネルにした場合の平均チャネル利用効率のシミュレーション結果を示す図である。

【図21】 CSMA/CD方式をマルチチャネルにした場合の平均伝送遅延時間のシミュレーション結果を示す図である。

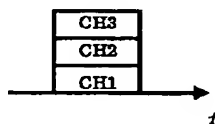
【符号の説明】

- |    |                 |
|----|-----------------|
| 1  | ACK計時手段         |
| 2  | データリンク制御手段      |
| 3  | 無線チャネル選択制御手段    |
| 4  | キャリア検出手段        |
| 5  | 無線チャネルフィルタリング手段 |
| 6  | 伝送媒体            |
| 10 | 上位層             |
| 20 | データリンク部         |
| 21 | データリンク制御部       |
| 22 | ACK計時部          |
| 30 | 無線受信部           |
| 31 | 無線チャネルフィルタリング部  |
| 32 | 復調部             |
| 33 | キャリア検出部         |
| 34 | データ信号判断部        |
| 40 | 無線送信部           |
| 41 | 無線チャネル選択制御部     |
| 42 | 変調部             |
| 50 | 物理インタフェース部      |
| 60 | 伝送媒体            |

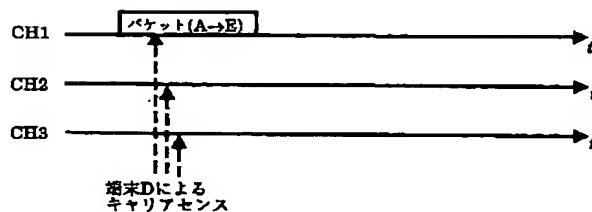
【図2】



【図3】



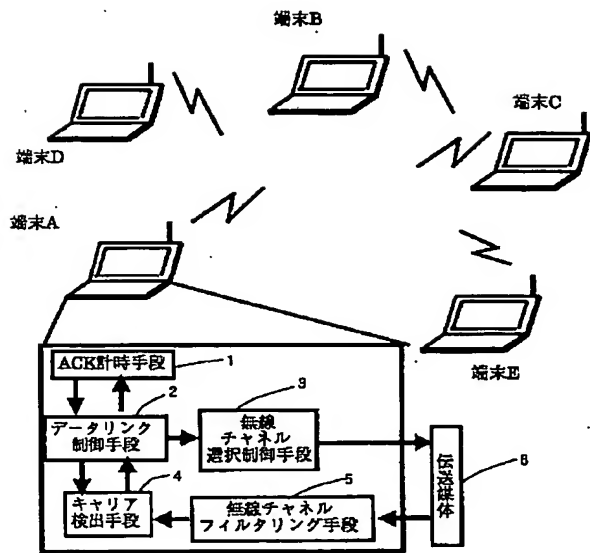
【図4】



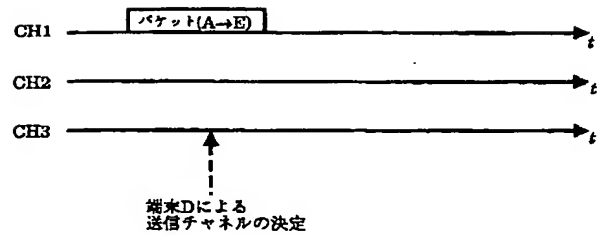
【図17】



【図1】

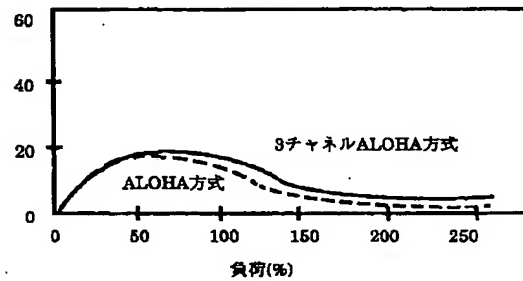


【図5】

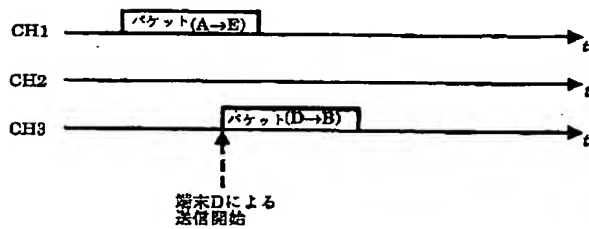


【図14】

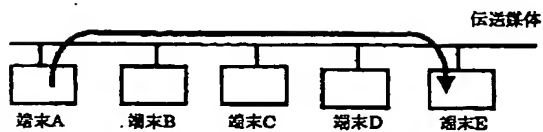
平均チャネル利用効率(%)



【図6】



【図16】



【図10】

平均チャネル利用効率(%)

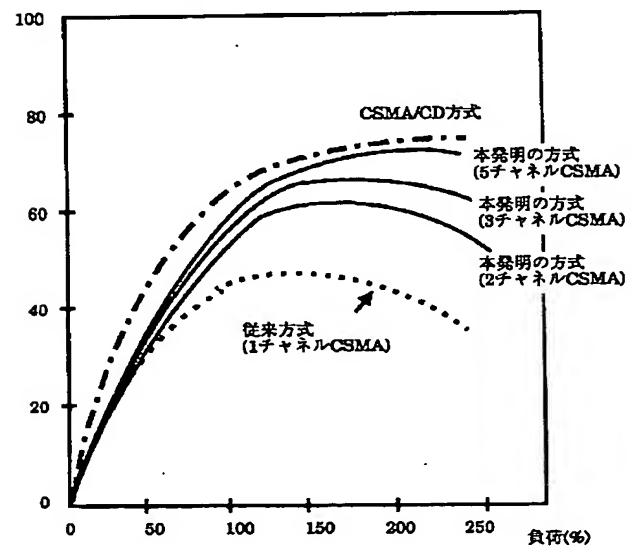
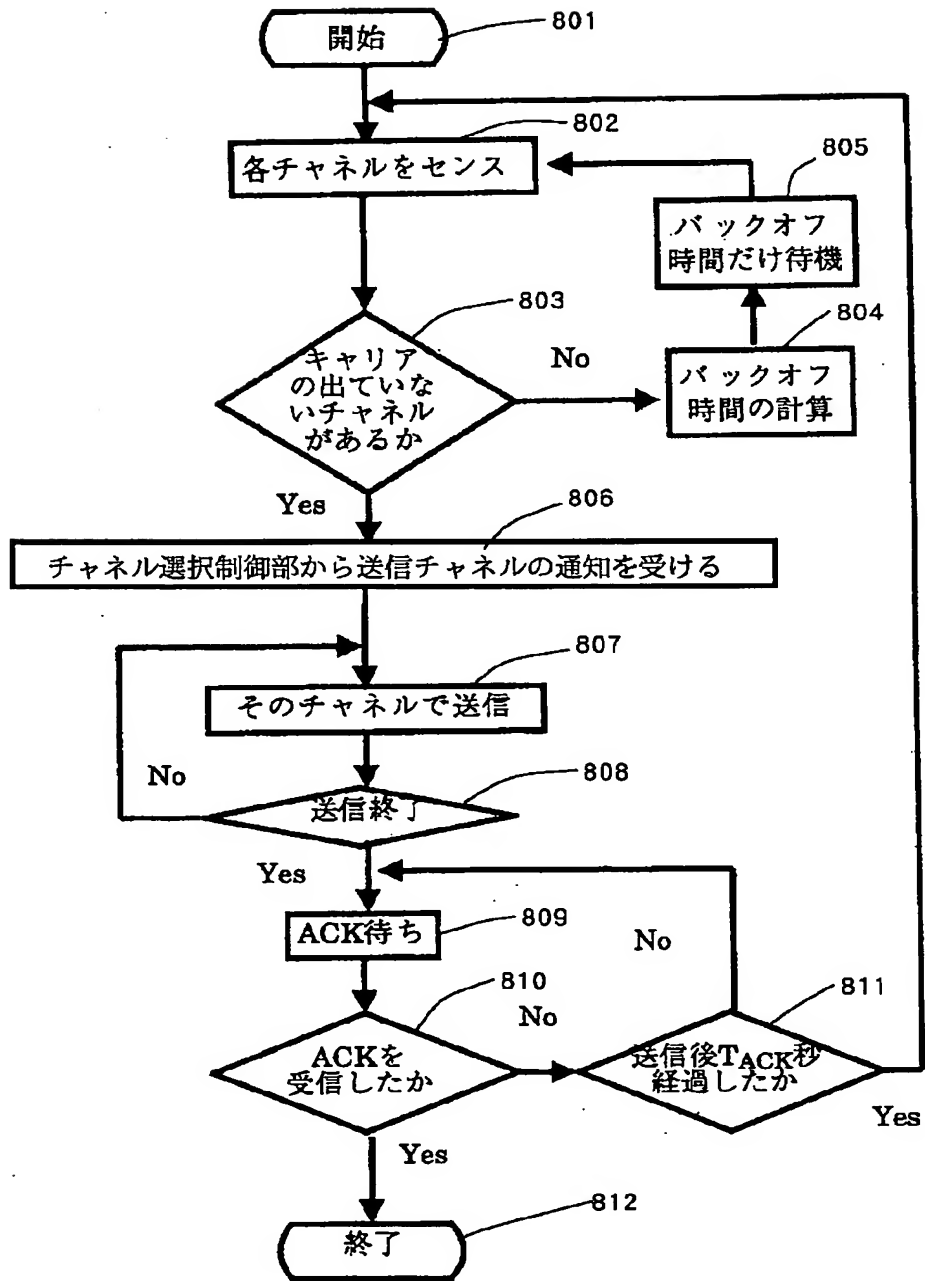


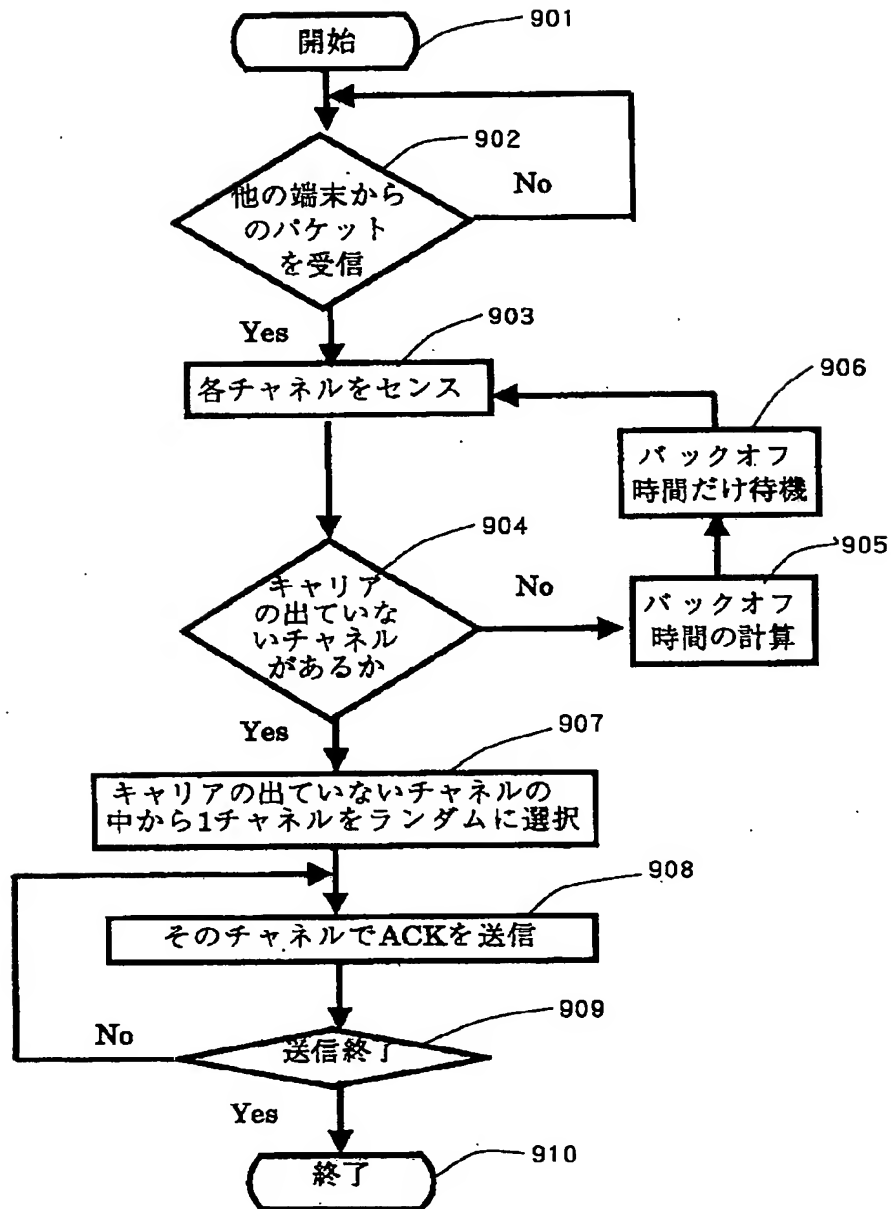
Figure 1 is a block diagram of a radio communication system. The system is divided into a radio transmission section (30) and a radio reception section (40). The radio transmission section (30) includes a physical layer interface unit (50) connected to a transmission medium (60). It also includes a carrier detection unit (33), a data signal judgment unit (34), and a modulation unit (42). The radio reception section (40) includes a demodulation unit (32) and a wireless channel selection control unit (41). A data link control unit (21) is connected to an upper layer (10) and manages the data link. An ACK timing unit (22) contains multiple timers (Timer 1, Timer 2, Timer 3, ..., Timer n) for managing acknowledgment timing. The diagram shows the flow of data and control signals between these components.

【図8】



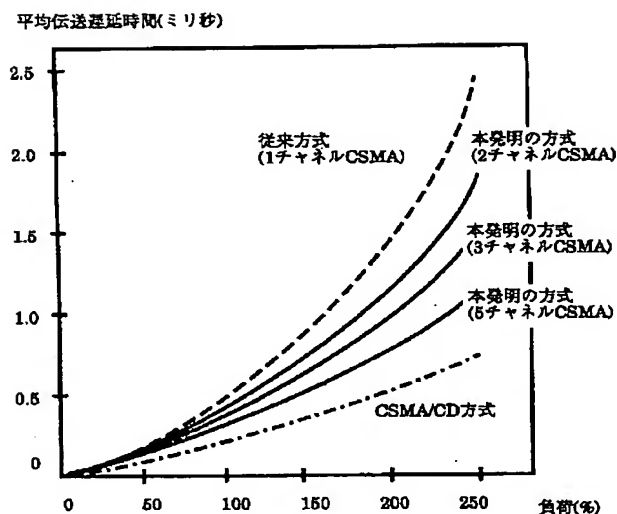
送信側

【図9】

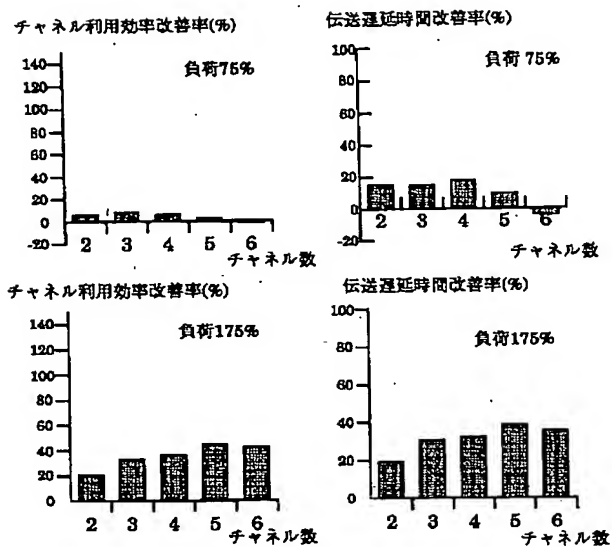


受信側

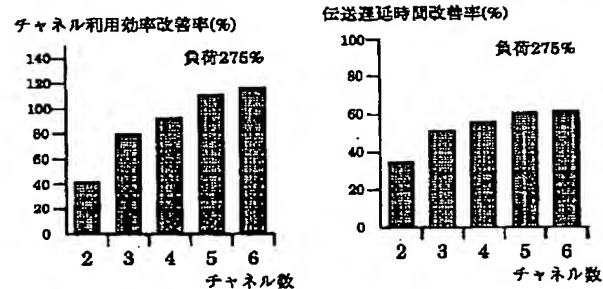
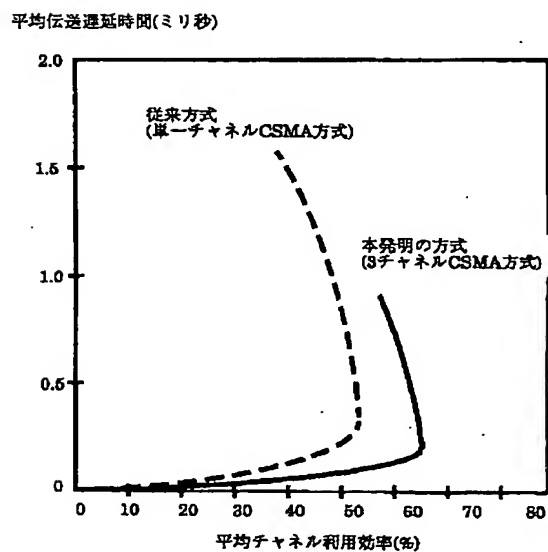
【図11】



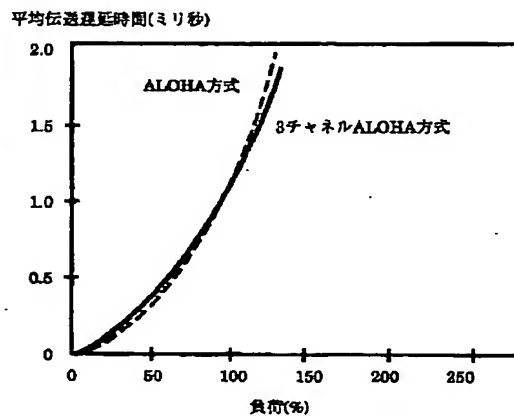
【図12】



【図13】

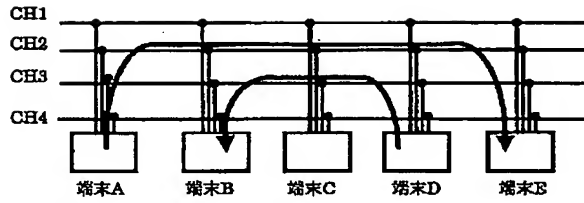


【図15】



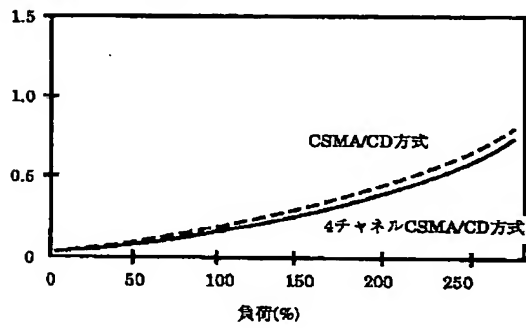


【図19】



【図21】

平均伝送遅延時間(ミリ秒)



【図20】

平均チャネル利用率(%)

